

TÜRKİYE'DEKİ İŞLETMELERİN ENDÜSTRİ 4.0'A GEÇİŞ PERFORMANSI: AVRUPA BİRLİĞİ ÜLKELERİ İLE KARŞILAŞTIRMALI AMPİRİK ANALİZ

Fatma ÜNLÜ*
Hayriye ATİK**

Özet

Bilgi ve teknoloji temelli ekonomiye dönüşüm sürecinin beraberinde getirdiği Endüstri 4.0 olgusu, Avrupa Birliği (AB) politikalarının temelinde yer almaktadır. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı; AB'ne aday ülke konumunda olan Türkiye'nin bu ülkeler karşısındaki göreceli Endüstri 4.0 performansının belirlenmesine katkıda bulunmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için, 28 AB ülkesi ile Türkiye'ye ait 10 Endüstri 4.0 göstergesinden faydalanılarak faktör ve kümeleme analizleri gerçekleştirilmiştir. Kümeleme analizinde hiyerarşik kümeleme analizlerinden Ward yöntemi tercih edilmiştir. Elde edilen bulgular, Almanya'nın Endüstri 4.0 açısından en iyi performansa sahip ülke olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, analize dahil edilen ülkelerin Endüstri 4.0 açısından homojen bir görünüm sergilemediği tespit edilmiştir. Türkiye; Macaristan, Letonya ve Polonya ile aynı kümede yer almıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Faktör Analizi, Kümeleme Analizi, Avrupa Birliği, Türkiye

* Dr. Öğr. Üyesi, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü, funlu@erciyes.edu.tr

** Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü, atik@erciyes.edu.tr

Makalenin Gönderilme Tarihi: 21/5/2018 Kabul Edilme Tarihi: 20/9/2018

***Industry 4.0 Performance of Turkish Businesses:
A Comparative Analysis with the European Union***

Abstract

Industry 4.0 phenomenon which comes together with the transformation of information and technology-based economy is in the core of the European Union (EU) policies. Therefore, the aim of this study is to make contribution to the determination of Turkey's relative industry 4.0 performance comparatively with the EU countries. To achieve this, factor analysis and cluster analysis were performed by using 10 Industry 4.0 indicators for 28 EU countries and Turkey. Ward method was chosen. The results indicated that Germany has the best performance in terms of Industry 4.0 indicators. However, it has been determined that the countries included in the analysis were not displayed a homogenous appearance related with Industry 4.0. Turkey shares the same cluster with Hungary, Latvia and Poland.

Keywords: *Industry 4.0, Factor Analysis, Cluster Analysis, European Union, Turkey*

Giriş

Endüstri 4.0 olgusu son yıllarda literatürde sıklıkla tartışılan konulardan birisi haline gelmiştir. Dördüncü Endüstri Devrimine işaret eden bu kavram, ilk kez 2011 yılında Almanya'da gerçekleştirilen Hannover Fuarı'nda kullanılmıştır. Üretim süreçlerinin hızla değişen tüketici talepleri doğrultusunda yeniden şekillenmesi ve eskisinden daha esnek üretim süreçlerine olan ihtiyacın artması Endüstri 4.0 olgusunu gündeme getirmiştir. Küreselleşmenin beraberinde getirdiği artan rekabet ortamına uyum sağlayabilmek ve sürekli olarak değişen tüketici taleplerine hızlı bir şekilde cevap verebilmek için üretim süreçlerinin yeniden dizayn edilmesi gerekmektedir. Üretim süreçlerinde otomasyonu hedefleyen yeni sistemlerde, birbiriyle sürekli olarak iletişim ve işbirliği içinde olan ve otonom olarak faaliyette bulunan makineler ile bu makinelerin oluşturduğu akıllı üretim sistemleri yer almaktadır. Kendi kendini yönetebilen üretim süreçlerinin oluşturulması ile hem üretim süreçlerinde insan faktörüne olan ihtiyacın hem de insan kaynaklı hataların azaltılması hedeflenmektedir. Böylelikle maliyetlerin düşürülmesi, kaynak verimliliğinin sağlanması, inovasyon temelli büyüme sürecine geçiş ile birlikte rekabet gücünün artması beklenmektedir. Bu nedenle gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkelerde Endüstri 4.0'a dönüşüm süreci önem arz etmektedir. Dolayısıyla AB'ne uyum sürecindeki Türkiye'nin, AB'nin Endüstri 4.0'a dönüşmüş ülkeleri karşısındaki göreceli performansının belirlenmesinin anlamlı olacağı düşüncesiyle bu konu ele alınmıştır.

Bu çalışmanın iki amacı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, AB ülkelerinin Endüstri 4.0 göstergeleri bakımından kaç farklı gelişme düzeyi sergilediklerini belirlemektir. Çalışmanın ikinci amacı; AB'ne adaylık süreci devam eden Türkiye'nin Endüstri 4.0 göstergeleri bakımından hangi AB ülkeleri ile benzer gelişme seviyesine sahip olduğunu ortaya koymaktır.

Endüstri 4.0 ile ilgili literatür incelendiğinde; konuyu farklı bakış açılarına göre ele alan çalışmaların¹ büyük bir kısmının kavramsal ve tanımlayıcı nitelikteki araştırmalar olduğu görülmektedir. Uygulamalı

-
- ¹ Andrea Benesova ve JiriTupa, "Requirements for Education and Qualification of People in Industry", *Procedia Manufacturing*, no 11 (2016): 2195–2202.
- Erdiç Yazıcı ve Hıdır Düzükaya, "Endüstri Devriminde Dördüncü Dalga ve Eğitim: Türkiye Dördüncü Dalga Endüstri Devrimine Hazır Mı?", *Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama*, no 7/13 (2016): 49-88.
- N. Atalay Davutoğlu vd., "İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı ile Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak", *ASOS Journal*, no 52 (2017): 544-567.
- Marina Crnjac vd., "From Concept to the Introduction of Industry 4.0", *International Journal of Industrial Engineering and Management*, no 8/1 (2017): 21-30.
- Ömer Akın, "Hızla Artan Endüstriyel Robotların Üretim Süreçlerinde Yarattığı Değişimler ve Türkiye İşgücü Piyasasında Yaratacağı Olası Etkilerin Değerlendirilmesi", *İş ve Hayat*, no 3/6 (2017): 42-71
- H. S. Yıldız Aybek, "Üniversite 4.0'a Geçiş Süreci: Kavramsal Bir Yaklaşım", *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırma Dergisi*, no 3/2 (2016): 164-176.
- L. Barreto, vd., "Industry 4.0 Implications in Logistics: An Overview", *Procedia Manufacturing*, no13 (2017): 1245–1252.
- Emel Öztürk ve Küçük Hüseyin Koç, "Endüstri 4.0 ve Mobilya Endüstrisi", *4. Uluslararası Mobilya ve Dekorasyon Kongresi Bildiriler Kitabı*, (2017): 181-189.
- Eda Bulut ve Taner Akçacı, "Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi", *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, no 7 (2017): 50-72.
- T. Pereira vd., "Network and Information Security Challenges within Industry 4.0 Paradigm", *Procedia Manufacturing*, no 13 (2017): 1253–1260.
- Ahmet Fazıl Özsoylu, "Endüstri 4.0", *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, no 21/1 (2017): 41-64.
- Esdras Paravizovd., "Exploring Gamification to Support Manufacturing Education on Industry 4.0 as An Enabler for Innovation and Sustainability", *Procedia Manufacturing*, no 21 (2018): 438-445.
- Anandi Iyer, "Moving from Industry 2.0 to Industry 4.0: A Case StudyfromIndia on Leapfrogging in Smart Manufacturing", *Procedia Manufacturing*, no 21 (2018): 663-670.
- Nubia Carvalho vd., "Manufacturing in the Fourth Industrial Revolution: A Positive Prospect in Sustainable Manufacturing", *Procedia Manufacturing*, no 21 (2018): 671-678.
- Aytaç Yıldız, "Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, no 22/2 (2018): 546-556.
- Ray Y. Zhong vd., "Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review", *Engineering*, no 3 (2017): 616-630.
- Saurabh Vaidya, "Industry 4.0: A Glimpse", *Procedia Manufacturing*, no 20 (2018): 233-238.

çalışmalar² ise sayıca oldukça sınırlıdır. Ampirik literatürde yer alan bu araştırmalarda ağırlıklı olarak alan çalışması ve anket yöntemlerine dayalı analiz teknikleri kullanılmıştır. Ancak Türkiye ve AB ülkelerinin göreceli Endüstri 4.0 performansını firma bazındaki verileri kullanarak faktör ve kümeleme analizleri ile tespit etmeye çalışan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Dolayısıyla, çalışma bu yönüyle literatürdeki diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Çalışmada AB ülkelerine ait dijital ekonomi ile ilgili verilerin yayınladığı Eurostat veri tabanından ve TÜİK' ten elde edilen firma bazlı veriler kullanılmıştır. 28 AB ülkesi ile Türkiye'nin 2015-2016 dönemine ait toplam 10 değişken analizlere dahil edilmiştir. Söz konusu veriler ile öncelikle faktör analizi ardından ise Ward yöntemi kullanılarak kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir.

Çalışma esas itibarıyla üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde Endüstri 4.0 olgusunun kavramsal çerçevesi; tarihsel gelişim sürecini, tanımını ve temel unsurlarını kapsayacak şekilde ele alınmıştır. İkinci bölümde, Endüstri 4.0'ın beklenen muhtemel etkileri farklı açılardan (mikro ve makro etkiler ile hükümetler) değerlendirilmeye çalışılmıştır. Son bölümde ise ampirik analize ve sonuçlara yer verilmiştir.

I. Endüstri 4.0: Kavramsal Çerçeve

Ekonomik, siyasi, kültürel ve toplumsal değişimlere yol açan teknolojik ilerlemeler Endüstri Devrimi olarak adlandırılmaktadır. Sadece verimlilik ve

² Clemens Faller ve Dorothee Feldmüller, "Industry 4.0 Learning Factory for Regional SMEs", *Procedia CIRP*, no 32 (2015): 88–91.
 Frank Rennung vd., "Service Provision in the Framework of Industry 4.0", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, no 221 (2016): 372–377.
 İnanç Kabasakal vd., "From Mass Customization to Product Personalization in Automotive Industry: Potentials of Industry 4.0", *Journal of Management, Marketing and Logistics*, no 4 /3 (2017): 244-250.
 Celal Hakan Kağnıcıoğlu ve Emircan Özdemir, "Evaluation of SMEs in Eskişehir within the Context of Industry 4.0", *Pressademia Procedia*, no 3 (2017): 900-908.
 Pierpaolo Caricato ve Antonio Grieco, "An Application of Industry 4.0 to the Production of Packaging Films", *Procedia Manufacturing*, no 11 (2017): 949–956.
 Antonio Grieco vd., "An Industry 4.0 Case Study in Fashion Manufacturing", *Procedia Manufacturing*, no 11 (2017): 871–877.
 J. Marius Müller vd., "What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability", *Sustainability*, no 10/247 (2018): 1-24.

üretim artışına neden olmakla kalmayıp aynı zamanda toplumsal hayatı etkileyen köklü değişikliklere de yol açan söz konusu teknolojik ilerlemeler sonucu meydana gelen Dört Endüstri Devrimi mevcuttur.

Makine çağı olarak da adlandırılan Birinci Endüstri Devrimi, buhar gücü ile çalışan makinenin icat edilmesi ile başlamıştır. İnsan gücünü ikame eden makineler, büyük ölçekli fabrikaların oluşmasına, üretimin artmasına ve yeni piyasalara girilmesine yol açmıştır.³

İkinci Endüstri Devrimi, elektrik enerjisinin üretim süreçlerinde kullanılması ile seri üretime yani Fordist üretime geçişi sağlamıştır.⁴ Teknik anlamda fordizm; *sanayi üretiminin önemli ölçüde kitlesel üretim şeklinde gerçekleştirildiği, iş bölümü ve iş tanımlarının katı bir şekilde yapıldığı, ürün standartlaştırmasının verimlilik artışları getirdiği ve talep artışlarının bu standartlaştırmayı hızlandırdığı bir üretim biçimidir.*⁵ 1945-1973 yılları arasında geçerli olan Fordizmin başlıca özellikleri⁶ yüksek standartlaşma, esnek olmayan bir üretim süreci, iş örgütlenmesinde yeni teknolojilerin kullanılması, rutin işler yapan yarı eğitilmiş işgücünün kullanımı, Keynesçi ekonomik politikalar ve piyasa düzenlemelerinin varlığıdır. Fordist üretim sistemi 1960'lı yılların ortalarından itibaren sorunlar yaşamaya başlamıştır. Bu sorunların temelinde esnekliğin olmaması yer almış ve daha esnek üretim süreçlerine geçişler başlamıştır. Esnekliğin olmaması başlıca iki alanda sorun yaratmıştır. İlk olarak, kitle üretimini gerçekleştirmek amacıyla yapılan büyük ölçekli sabit sermaye yatırımları, tüketicinin değişen taleplerini karşılayacak esnekliğe sahip olmamıştır. İkinci olarak, emek piyasasında yapılan sözleşmelerin esnekliğe sahip olmaması ve değişime karşı ortaya çıkan işçi direnişleri, Fordizmin kendini yenilemesini engellemiştir.

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra gelişmeye başlayan dijital teknolojiler ve artan küreselleşme ile birlikte Üçüncü Endüstri Devrimi gündeme gelmiştir. Rekabet olgusunun küreselleşme ekseninde ve değişen tüketici talepleri doğrultusunda yeniden şekillendiği bu aşama, 1968 yılında ilk kez

³ Ö. Faruk Görçün, *Dördüncü Endüstri Devrimi: Endüstri 4.0*, (İstanbul: Beta Basım Yayıncılık, 2016), 11-18.

⁴ Stefan Heng, "Industry 4.0 Upgrading of Germany's Industrial Capabilities on the Horizon", *Deutsche Bank Research, Current Issues Sector Research*, (2014): 2.

⁵ Ayda Eraydın, *Post-Fordizm ve Değişen Mekansal Özellikler*, (Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları, 1992), 15.

⁶ Ali Rıza Saklı, "Fordizmden Esnek Üretim Rejimine Dönüşümün Kamu Yönetimi Üzerindeki Etkileri", *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, no 12/44 (2013): 111.

geliştirilen programlanabilir makinelerin kullanılması ile başlamıştır.⁷ İletişim teknolojilerindeki ilerlemelerin de üretim sürecine katkı sağlaması ile değişen şartlara uyum sağlayabilme özelliğine sahip olan esnek üretim sistemlerine geçilmiştir. İlk üç endüstriyel devrim; mekanikleşme, elektrik ve bilgi teknolojisini üretim süreçlerine entegre etmeyi başarmıştır.⁸

Günümüzde ise siber-fiziksel sistemlere dayalı olarak üretim süreçlerinin internet üzerinden ağ yapıları ile birbirine bağlanmasını sağlayan teknolojilerin ön plana çıktığı Dördüncü Endüstri Devrimi olarak adlandırılan yeni bir endüstriyel gelişim evresine geçiş süreci başlamıştır. Küreselleşmenin son dalgası olarak nitelendirilen ve üretim ve tüketim süreçlerinde büyük dönüşümlere yol açacağı ileri sürülen Endüstri 4.0 kavramı, ilk kez 2011 yılında Almanya’da gerçekleştirilen Hannover Fuarı’nda gündeme gelmiştir.⁹

Küreselleşen dünyada teknolojinin hızla gelişmesi ve tüketici taleplerinin üretim süreçlerinin merkezinde yer alması, tüketici odaklı esnek üretim süreçlerinin gelişmesine yol açmıştır. Değişen tüketici taleplerine hızlı bir şekilde uyum sağlayarak cevap verebilen üretim sistemlerine olan gereksinim Endüstri 4.0’ı gündeme getiren kilit unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte ülkeler arasındaki sosyal etkileşimin ve ticaretin artması, yeni ekonomilerin küresel piyasalarda yerini alması, küreselleşmenin hız kazanması, bilgi-iletişim teknolojilerinin ağ ekonomilerine yön vermesi, kaynak kıtlığının üretim sürecindeki önemini koruması, çevre ve güvenlikle ilgili kaygıların artması gibi temel faktörler Dördüncü Endüstri Devriminin oluşmasına zemin hazırlamıştır.¹⁰

Endüstri 4.0 ile Ekonomi 4.0 kavramlarının birbirinden farklı olduğunu ileri süren Wolter vd.’ne (2015) göre, Endüstri 4.0 analog üretim ve dijital dünya arasındaki karşılıklı interaktif etkileşime işaret ederken; Ekonomi 4.0 kavramı ise dijitalleşmenin toplumsal yaşamın tüm alanlarında kendini hissettirmesi anlamına gelmektedir. Deloitte (2015) Dördüncü Endüstri Devrimi olarak nitelendirdiği kavramı, *imalat sanayindeki değer zinciri sürecinin yönetimi ve organizasyonundaki ileri gelişimsel aşama* olarak

⁷ Sinan Alçın, “Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0”, *Journal of Life Economics*, no 8 (2016): 21.

⁸ Jian Qin vd., “A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond”, *Procedia CIRP*, no 52 (2016): 173-174.

⁹ Klaus Schwab, *Dördüncü Sanayi Devrimi*, (İstanbul: Optimist Yayıncılık, 2017), 16.

¹⁰ TÜSİAD, *Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi*, (İstanbul: TÜSİAD, 2016), 20.

tanımlamıştır. Görçün (2016) ise; Endüstri 4.0 kavramını sistem yaklaşımı çerçevesinde *birçok sistemin bileşiminden meydana gelen bütünsel bir endüstriyel yaklaşım* olarak ele almıştır. Ona göre Endüstri 4.0, tüketiciler tarafından talep edilen bir ürünün yaşam döngüsü boyunca bütün sürecin kontrol edildiği ve her türlü faaliyet ve fonksiyonun otonom sistemlerle yerine getirildiği bir süreçtir. Benzer şekilde Banger (2016) de bütün aktörleri ilgilendiren, işbirliği ve karşılıklı etkileşimi esas alan bir süreç olduğuna ve bu devrimin ön yüzünde teknolojinin yer aldığına dikkat çekmektedir. Qesterreich ve Teureberg (2016) ise firmaların çevresi, iş ortakları ve ürünler arasındaki iletişimi ve etkileşimi mümkün kılmak için dijital değer zinciri yaratılması ve imalat sektöründe otomasyon ve dijitalleşmenin artması olarak tanımlamıştır. Yazarlara göre; Endüstri 4.0 ürün ve üretim süreçlerinin eş-zamanlı olarak planlanmasını sağlayan sistemler, ürün kalitesi ve piyasaya erişim süresi açısından olumlu etkiler ortaya çıkaracaktır.

Literatürden yola çıkarak Endüstri 4.0'ın temel özellikleri aşağıdaki gibi beş başlıkta toplanabilir:¹¹

i) *İşbirliği*: Siber-fiziksel sistemler sayesinde insanlar ve akıllı fabrikaların birbirleri ile işbirliği ve karşılıklı etkileşim içinde olmaları sağlanır. Başka bir deyişle, üretim süreçlerinde yer alan tüm aktörler ile tüketiciler ve lojistik, dağıtım, pazarlama gibi bütün kanalların birbirleri ile sürekli ve sürdürülebilir bir şekilde iletişim ve etkileşim içinde olmasıdır.

ii) *Sanallaştırma*: Akıllı fabrikaların sanal bir kopyası simülasyon modelleri ile sensör veri bağlantısı kurularak oluşturulur. Bir ürünün yaşam döngüsü boyunca gerçekleşen her faaliyetin internet üzerinden ağ sistemleri ile birbirine bağlanarak gerçek ve sanal dünyanın birbirlerine olabildiğince yaklaştırılması hedeflenir.

iii) *Merkezsizleşme*: Üretim süreçlerinde meydana gelebilecek her türlü sorun, tüketici taleplerindeki değişimler vb. durumlar karşısında karar verme yetkisine sahip olan yöneticilerin dahil olduğu hiyerarşik sistemin yerini,

¹¹ Marc Wolter vd., "Industry 4.0 and the Consequences for Labour Market and Economy Scenario Calculations in Line with the BIBB-IAB Qualifications and Occupational Field Projections", *Institute for Employment Research of the Federal Employment Agency, Research Reports*, (2015): 13.

Vasja Roblek vd., "A Complex View of Industry 4.0", *SAGE Pub*, no 6/2 (2016): 2-3.

Alasdair Gilchrist, *Industry4.0: The Industrial Internet of Things*, (Thailand: Apress, 2016), 197.

siber-fiziksel sistemler tarafından yönetilen tabandan-tavana kontrol anlayışına yani adem-i merkeziyetçi sistemlere bırakmasıdır.

iv) Modülerlik: Akıllı fabrikaların değişen şartlara artan uyum yeteneğini ve esnekliğini ifade eder. Bu fabrikalar, tüketicilerin taleplerine ve ihtiyaçlarına bağlı olarak üretim yapabilme esnekliğine sahip olacak şekilde dizayn edilir.

v) Gerçek Zamanlı Üretim: İhtiyaçlara göre materyal akışının koordine edilmesi, bütün değer zincirleri boyunca üretim ve stok sürelerinin minimize edilmesi ve yüksek kullanım yüzdesi ile karakterize edilir.

Yukarıda ifade edilen temel özelliklerden hareketle; Endüstri 4.0 sayesinde akıllı fabrikaların bireysel tüketici ihtiyaçlarını karşılaması, akıllı ürünlerin üretilmesi, üretim süreçleri boyunca optimal kararların verilmesi, kaynak verimliliğinin ve etkinliğinin sağlanması ve yeni hizmetler aracılığıyla değer yaratılması beklenmektedir. Bununla birlikte, bütünüyle inovasyon temelli iş süreçlerine geçişin sağlanacağı ve rekabet olgusunun yeniden şekilleneceği öngörülmektedir.¹²

Endüstri 4.0 ile tüketicilerin ihtiyaçlarına göre tasarlanmış, daha kaliteli ve daha düşük fiyatlı ürünlerin üretilmesi ve böylece tüketicilerin istedikleri ürünleri, istedikleri zamanda, daha az kaynak harcayarak temin edebilmesi ve üreticilerin de bu taleplere hızlı bir şekilde cevap verebilmesi hedeflenmektedir.¹³ Bu uyumu sağlayabilme yeteneğine ve kapasitesine sahip olabilecek üretim sistemlerinin taşınması gereken nitelikler Endüstri 4.0'ı oluşturan yedi (7) temel unsura işaret etmektedir. Bunlardan ilki; *akıllı fabrikalardır*. Bu fabrikalarda üretim sistemlerinde yer alan bütün bileşenler (makinelere, robotlar ve diğer ekipmanlar) otonom bir şekilde faaliyetlerini yürütür ve sistem içinde karşılıklı etkileşimde bulunurlar. Akıllı fabrikaların geleneksel fabrikalardan temel farkı, olağanüstü durumlar dışında insan faktörünün tamamen sistem dışında bırakılmasıdır.¹⁴ Geleceğin fabrikaları olarak da adlandırılan akıllı fabrikalar, bütün bileşenleri otomatik olarak birbirine bağlama fonksiyonunu yerine getirmektedir. Bu fabrikalar içinde yer alan bütün ekipmanların ve üretim süreci sonucunda oluşan ürünlerin de

¹² Henning Kagermann vd., "Securing the Future of German Manufacturing Industry Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0", Acatech, Final Report of the Industrie 4.0 Working Group, (2013): 15-16.

¹³ Özsoylu, "Endüstri 4.0", 58.

¹⁴ Görçün, *Dördüncü Endüstri Devrimi*, 190.

“akıllı” olduğu bir yapı söz konusudur.¹⁵ Akıllı fabrikalar karmaşık üretim süreçlerini hızlı ve sorunsuz bir şekilde yönetmekte ve bu fabrikaların ürettiği ürünler daha uzun ömürlü yani daha kaliteli olmaktadır.¹⁶

İkincisi, *nesnelerin internetidir*. Nesnelerin içinde gömülü halde veya yanında bulunan sensörler vasıtasıyla internete bağlanmalarını sağlamak, veri toplamak, dağıtmak ve iletişim kurabilmek amacıyla oluşturulan ağ sistemleridir.¹⁷ Nesnelere ve sensörlerle iletişim kurabilmek için RFID, NFC, Wi-Fi, Bluetooth ve Zigbee gibi yerel ağ bağlantılarını kullanır. Bu sistemler firma içindeki yöneticilerin, takımların, çalışanların, makinelerin, bilişim sistemlerinin ve mekanların birbirine bağlanmasını sağlayarak hız, esneklik ve uyumluluk sağlayan dikey entegrasyonları oluşturur. Diğer yandan, firmanın tedarik zincirindeki paydaşları ile olan iletişimini sağlayarak yatay entegrasyonları meydana getirir. Nesnelerin interneti yalnızca üretim sürecinde değişikliklere yol açmakla kalmaz, aynı zamanda fiziksel ve dijital ürünlerin arasındaki entegrasyonu sağlayarak fiziksel ürünlerin dijital özelliklerini de artırır.¹⁸

Üçüncüsü, *siber-fiziksel sistemlerdir*. Bunlar fiziksel dünya ile siber alanı internet ile birbirine bağlayan sistemler olarak tanımlanmaktadır. Sensörlerle desteklenmiş olan bu sistemler, fiziksel dünyadaki hareketleri internet hizmetleriyle toplamakta ve nesnelere arasında etkileşimi sağlamaktadır.¹⁹ Bu sistemler, akıllı bir şekilde birbirleri ile bağlantılıdır ve sanal ağlar vasıtasıyla sürekli olarak veri alışverişinde bulunulmasını sağlar. Sosyo-teknik bir sistemin parçası olan siber fiziksel sistemler, operatörler ile etkileşimde bulunmak için insanımsı makinelerin ara-yüzlerini kullanır.²⁰

Dördüncüsü, *bulut bilişimdir*. İnternet tabanlı bilgi işlem yaklaşımına işaret eden bu kavram, bilgisayar özelliği olan cihazlar arasında ortak bilgi paylaşımını sağlayan hizmetlere verilen genel isimdir.²¹ Bulut bilişim teknolojileri, firmaların sahip olduğu tüm verilerin sanal bir sunucuda yani

¹⁵ Qin vd., “Industry 4.0 and Beyond”, 174.

¹⁶ EBSO, *Sanayi 4.0: Uyum Sağlayamayan Kaybedecek*, (İzmir: EBSO, 2015), 20.

¹⁷ Gürçan Banger, *Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme*, (Ankara: Dorlion Yayınları, 2016), 95.

¹⁸ Banger, *Endüstri 4.0*, 95-100.

¹⁹ Alçın, “Sanayi 4.0”, 23-24.

²⁰ T. Stock ve G. Seliger, “Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0”, *13th Global Conference on Sustainable Manufacturing –Decoupling Growth from Resource Use*, *Procedia CIRP* 40 (2016): 536–541.

²¹ Banger, *Endüstri 4.0*, 60.

bulutta depolanmasını ve internete bağlı cihazlar aracılığıyla ihtiyaç duyulduğunda bu verilere ulaşılmasını sağlar. Bu sistem sayesinde az sayıda üretim tesisi, toplanan çok miktarda veriyi depolamak ve analiz etmek için uygun büyüklükte depolama kapasitesine sahip olabilecektir. Aynı zamanda veri depolama ve işleme ile ilgili uygun özel bulutlar da oluşturulabilecektir.²² Bu sistem sayesinde bilişimin, tamamen ayrı bir sektör haline gelmesi ve bilişim teknolojisini üreten toplumların sürdürülebilir rekabette avantaj elde etmesi beklenmektedir.²³

Büyük veri, Endüstri 4.0'ı oluşturan beşinci unsurdur. Banger (2016)' ya göre, *verileri tespit etme, depolama, yönetme ve analiz etme açısından mevcut veri tabanı yazılımları ile başaramayacak büyüklükteki veri kümelerine büyük veri adı verilmektedir*. Büyük veri olgusunun iki temel eksenini vardır. Birincisi; büyük miktardaki verilerin toplanarak depolanmasıdır. İkincisi ise; depolanan verilerin analiz edilmesidir. Bir bilginin büyük veri sistemine yüklenebilmesi için dijitalleştirilmiş, yani sayısallaştırılmış olması gerekmektedir.²⁴ Farklı birçok kaynaktan elde edilen verilerin toplanması, değerlendirilmesi ve detaylı bir şekilde analiz edilmesi üretimin kalitesini yükseltecek ve enerji tasarrufu sağlayacaktır.²⁵ Büyük veri ile işletmelerin sahip oldukları bilgileri güçlendirebilmesi, yöneticilerin büyük verilerden faydalanarak üretim esnasındaki gerçek zamanlı hataları ve eksiklikleri anlaması ve uygun zamanda uygun şekilde müdahale edebilmesine yani doğru kararlar verebilmesine yardımcı olabilecektir. Özellikle Endüstri 4.0'ın şekillendiği artan rekabet ortamında, işletmelerin fark yaratabilmesi için en ufak bir bilginin dahi kritik öneme sahip olduğu gerçeği, büyük veri analizinin işletmeler için önemini ortaya koymaktadır.²⁶

Akıllı robotlar, akıllı fabrikalarda insan gücünü ikame eden yeni işçiler olarak görülmektedir. Endüstriyel robotlar olarak da tanımlanan bu robotlar, daha otonom, esnek ve işbirliğine yatkın sistemlere sahip makineler haline dönüşmektedir.²⁷ Algılama, veri toplama ve analiz etme konusunda yetenekli olan bu robotların, değişen şartlara uyum sağlayabilme kapasitesi ve esnekliği oldukça yüksektir. Bu robotlar, üretim sürecinin her aşamasında işçiler ile

²² Gilchrist, *The Industrial Internet of Things*, 210.

²³ Davutoğlu, "İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı", 552.

²⁴ Görçün, *Dördüncü Endüstri Devrimi*, 168.

²⁵ TÜSİAD, *Sanayi 4.0*, 25.

²⁶ Davutoğlu, "İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı", 552.

²⁷ Vaidya, "Industry 4.0", 235.

birlikte çalışarak üretim maliyetlerinin azalmasına katkı sağlar.²⁸ Talebe ilişkin veriler, siber-fiziksel sistemler aracılığıyla otomatik olarak akıllı robotlara iletilmektedir. Robotlar, operatörlerin müdahalesine ihtiyaç duymadan ilgili veriler doğrultusunda üretimi gerçekleştirmektedir.²⁹ Robotlar, üretim süreci boyunca hem kendileri hem de süreçle ilgili sorunları rapor ederek ağ sistemleri üzerinden bildirirler. Akıllı robotların üretim sürecine artan oranda entegre edilmesiyle birlikte, işgünün katma değeri yüksek başka işlere aktarılması ile verimlilik artışı mümkün olabilecektir.

Endüstri 4.0 olgusunun son bileşeni ise eklemeli üretim olarak da bilinen *üç boyutlu yazıcılar*dır. Bunlar, *üç boyutlu olarak hazırlanan bilgisayar verilerini üç boyutlu nesnelere dönüştürülebilen ve üretim faaliyetlerinde kullanılabilen makineler*dir.³⁰ Değişen tüketici ihtiyaçlarının karşılanmasında kişiselleştirmeyi ön plana çıkaracak olan bu teknolojilerin üretim süreçlerinde daha fazla kullanılabilir hale gelmesi beklenmektedir.³¹ Bilgisayar ortamında tasarlanan nesnelere üretilmesine imkan verecek teknolojiye sahip olan bu yazıcılar, gelecekte daha güçlü ve karmaşık tasarımlara sahip ürünlerin üretilmesini sağlayacaktır.

Endüstri 4.0'ın merkezinde yer alan bütün bileşenler, üretim sürecinde karşılıklı etkileşim ve işbirliği içinde hareket ederek ve otomasyonu artırarak insan faktörüne olan ihtiyacı azaltmaya çalışmaktadır. Bununla birlikte tüketici ihtiyaçlarına, değişen şartlara ve diğer olağanüstü durumlara cevap verebilme yeteneği yüksek sistemlerin oluşturulması hedeflenmektedir. Örneğin; tüketiciler akıllı ürünleri satın aldığı anda, bu ürünlerin üzerinde veya yanında konumlandırılmış olan akıllı çipler veya sensörler raftaki ürünün azaldığını ağ sistemleri üzerinden süreçteki tüm ilgili aktörlere iletacaktır. Üretim sürecinin her aşamasına gönderilen bilgiler dahilinde, makineler, robotlar ve ilgili diğer aktörler yapılması gereken faaliyetleri otonom olarak yürütebilecektir. Buradan hareketle Endüstri 4.0'ın temel felsefesi; *akıllı ürünler, akıllı fabrikalarda yer alan akıllı makineler ve akıllı sistemler tarafından üretilir* şeklinde ifade edilebilir.

²⁸ Stock ve Seliger, "Opportunities of Sustainable Manufacturing", 539.

²⁹ Görçün, *Dördüncü Endüstri Devrimi*, 189.

³⁰ Görçün, *Dördüncü Endüstri Devrimi*, 193-194.

³¹ Vaidya, "Industry 4.0", 236.

II. Endüstri 4.0'ın Beklenen Etkileri

Endüstri 4.0'ın ekonomide yer alan aktörleri farklı açılardan etkileyerek köklü değişikliklere yol açması beklenmektedir. Üretim sürecinden ziyade ürünün yaşam döngüsüne odaklanan akıllı üretim sistemleri, bilgiye göre karar verme mekanizmasının işlemlerine yardımcı olacaktır. Bilgi sistemi ile ürünlerin bağlantılı hale geldiği teknolojiler ön plana çıkacak ve işbirliği ile iletişimin sağlanmasında, belirlenen iletişim kanalları yerini yeni oluşturulan akıllı bilgi iletişim altyapısına bırakacaktır.³²

Dördüncü Endüstri Devrimi, hiç kuşkusuz önceki endüstri devrimlerinde olduğu gibi, ekonomi üzerinde hem olumlu ve hem de olumsuz etkiler oluşturacaktır. Söz konusu etkiler; makro-ekonomik etkiler, mikro etkiler ve hükümetler üzerindeki etkiler olmak üzere genel olarak üç grupta sınıflandırılabilir.

Endüstri 4.0'ın mikro etkileri; bireyler ve firmalar üzerindeki etkileri kapsamaktadır. Bireyler üzerindeki etkiler daha çok yetenekler, ücretler ve çalışma saatleri üzerine yoğunlaşacaktır. Bu olgu, bireylerin yeteneklerinin yeniden şekilleneceğini, özellikle karmaşık probleme çözme yeteneğinin ön plan çıkacağını ve sosyal ve sistem becerilerinin fiziksel yeteneklere ya da içerik becerilerine nispeten daha fazla talep göreceğini ileri sürmektedir.³³ Endüstri 4.0 sayesinde, bilgi-yoğun teknolojileri kullanma becerisi ve yeteneği yüksek olan işgücü yüksek ücretler elde etme olanağına sahip olacak ve çalışma saatlerinin esnek olması sebebiyle de bu işgücünün kişisel gelişimi için ayırdığı zaman da artacaktır.

Endüstri 4.0'ın firmalar üzerindeki mikro etkileri satışlar, maliyet ve rekabet ile ilgilidir. Endüstri 4.0 sayesinde firmaların akıllı sistemleri kullanarak akıllı ürünler üretme isteğinin artmasına, tüketicilerin bu ürünlere olan talebinin artması eşlik edecek ve firmaların satış gelirleri artacaktır.³⁴ Akıllı üretim sistemlerine geçiş yapan bu firmaların üretim süreçlerinde kullandıkları hammadde ve kaynak kullanımının azalması ile maliyetler azalacaktır. Bu maliyet azalışının yaklaşık olarak %3-%5 oranında verimlilik artışına yol açması beklenmektedir.³⁵ Diğer taraftan çevre-dostu teknolojilerin kullanımı ile birlikte enerji tasarrufu sağlanarak verimliliği artırmak mümkün

³² Crnjac vd., "The Introduction of Industry 4.0", 24.

³³ Schwab, *Dördüncü Sanayi Devrimi*, 53.

³⁴ EBSO, *Sanayi 4.0*, 25.

³⁵ Crnjac vd., "The Introduction of Industry 4.0", 23.

olacaktır.³⁶ Endüstri 4.0 olgusu, bu eksenle rekabete yeni bir boyut kazandıracaktır. Bu durum bir taraftan, daha kaliteli ürünler üretebilme imkanına sahip olan firmaların hem ulusal hem de küresel düzeyde daha fazla rekabet avantajı elde etmesine yol açarken; diğer taraftan da gelecekte küresel piyasalarda rekabet olgusunun önceki endüstri devrimlerine göre kendini daha yoğun bir şekilde hissettirmesine ve firmaları daha inovatif ve rekabetçi olma yolunda zorlamasına neden olacaktır.³⁷

Endüstri 4.0'ın makro-ekonomik etkileri ekonomik büyüme, istihdam, yatırım, fiyatlar ve gelir dağılımı üzerinde ortaya çıkan etkileri ifade etmektedir. Bu olgunun ekonomik büyüme üzerindeki etkisi konusunda iki farklı görüş ortaya çıkmaktadır:³⁸ Tekno-karamsarlar ve Tekno-iyimserler. Birinci görüşe göre, dijital devrimin önemli katkıları ve üretkenlik üzerindeki olumlu etkileri çoktan sona ermiştir. Dolayısıyla Dördüncü Endüstri Devrimi'nin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi beklenenin aksine sınırlı kalacaktır. İkinci görüş ise, teknoloji ve inovasyonun kırılma noktasında olduğunu ve bu devrimin verimliliği artırarak büyüme üzerinde pozitif etki oluşturacağını ileri sürmektedir. Ayrıca su, enerji, materyaller gibi kaynakların tahsisinin akıllı üretim sistemleri aracılığıyla yapılmasının sürdürülebilir büyüme üzerinde olumlu etkiler oluşturması ve bu sayede sürdürülebilirliğin diğer boyutlarına da (ekonomik ve sosyal) katkı sağlaması beklenmektedir.³⁹

Endüstri 4.0'ın ekonomi üzerindeki ikinci önemli etkisi istihdam ile ilgilidir. İstihdam üzerindeki etki iki yönlü işleyecek ve hangi etkinin uzun vadede kalıcı olacağı ekonominin yapısı ile bağlantılı olacaktır. İstihdam üzerinde ortaya çıkan ilk etki, teknolojinin ekonomi üzerinde yarattığı olumlu etkilere rağmen kısa vadede işgücü piyasası üzerinde oluşturduğu olumsuz etkiler ile ilgilidir. Endüstri 4.0 kapsamında kullanılmaya başlanan teknolojiler, özellikle akıllı robotlar gibi üretim süreçlerinde insan gücünden tasarruf etmeyi amaçlayan teknolojiler, işsizliğin artmasına yol açacaktır.⁴⁰ Diğer etki, teknolojik işsizliğe yol açan bu olgunun olumlu etkisidir. Söz konusu etki iki yönlü çalışacaktır. İlk olarak, işsiz kalan insanlar, mevcut

³⁶ Christian Schröder, "The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises", *Division for Economic and Social Policy*, (2017): 9-10.

³⁷ Gilchrist, *The Industrial Internet of Things*, 205-206.

³⁸ Schwab, *Dördüncü Sanayi Devrimi*, 38.

³⁹ Carvalho vd., "Manufacturing in the Fourth Industrial Revolution".

⁴⁰ Stock ve Seliger, "Opportunities of Sustainable Manufacturing", 539.

beceri ve yeteneklerine daha uygun olan yeni iş alanlarına yönelecek ve bu sayede verimlilik artacaktır. Bu bağlamda işgücü verimliliğinin %45-%55 oranında artması beklenmektedir.⁴¹ Tam tersi durumda, yani işsiz kalan insanların vasıflarına uygun iş bulamamaları durumunda ise işsizlik olgusu derinleşerek sosyal ve politik sorunlara yol açacaktır. Endüstri 4.0'ın istihdam üzerindeki temel belirsizliği; otomasyonun insan emeğini ne ölçüde ikame edeceği hususu ile ilgilidir.

Dördüncü Endüstri Devrimi'nin yatırımlar üzerinde pozitif etki oluşturması beklenmektedir. Bu pozitif etki iki kanaldan gerçekleşecektir. Birincisi; Endüstri 4.0 kapsamında akıllı fabrikaların oluşturulması için gerekli olan fiziksel altyapı yatırımlarının yapılması, ağ sistemlerinin kurulması, bunların işlerlik kazanması için gerekli bilgi altyapısının oluşturulması ve akıllı robotların temin edilerek üretim sürecine entegre edilmesi gerekmektedir. Bütün bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesi yatırımların artmasına neden olacaktır. Diğer taraftan, üretim sürecinde robotları, ağ sistemlerini, üç boyutlu yazıcıları vb. kullanan mevcut fabrikalar, akıllı fabrikalara dönüşmek için yatırım yapmak zorundadır. Dolayısıyla hem mevcut tesislerin dönüştürülmesi hem de yeni tesislerin kurulması yatırımlar üzerinde olumlu etki oluşturacaktır.

Endüstri 4.0'ın bir diğer makro-ekonomik etkisi, fiyatlar ile ilgilidir. Schwab (2016), bu konuyu teknolojinin deflasyonist etkisi ile açıklar. Otomasyonun artması ile sermaye faktörü emek faktörünü zamanla ikame ederek ücretlerin düşmesine neden olur. Ücretlerde meydana gelen bu düşüşler tüketim üzerinde olumsuz etkilere yol açar ve fiyatlar düşmeye başlar. Böylece Endüstri 4.0 olgusu, tüketicilere daha ucuza daha kaliteli ürünler tüketme imkânı sunar ve bilinçli tüketim kavramının farkındalığını artırır.

Endüstri 4.0'ın gelir dağılımı üzerinde de etkiler oluşturması beklenmektedir. Teknoloji bir taraftan fonksiyonel gelir dağılımını sermaye lehine değiştirerek sermaye faktörünün gelirden aldığı payı artıracaktır. Diğer taraftan da yüksek beceri ve yeteneğe sahip olan işgücü ile düşük beceri ve yeteneğe sahip olan işgücü arasındaki ücret farkının açılmasına yol açacaktır. Sermaye faktörü ve yüksek yetenekli işgücü lehine olan bu durum, iktisadi olduğu kadar sosyal sorunları da beraberinde getirerek toplumdaki gelir adaletsizliği algısını derinleştirecektir.

⁴¹ Crnjac vd., "The Introduction of Industry 4.0", 24.

Dördüncü Endüstri Devrimi hükümetler açısından da çeşitli etkileri ortaya çıkaracaktır. Bu etkiler daha çok gizlilik ve güvenlik alanında kendisini gösterecektir.⁴² Şöyle ki dijital süreçlerin ön plana çıkması hem firma hem de ülke bazında siber saldırılara maruz kalma olasılığını artıracaktır. Hükümetler bu durumdan kaçınmak için internet ağları ile ilgili kapsamlı ve yüksek kaliteye sahip bir güvenlik altyapısını oluşturmak ve gerekli yasal düzenlemeleri yeniden gözden geçirmek zorunda kalacaktır. Diğer taraftan da hükümetler, dijital olarak yapılan parasal işlemlerin takibinin ve denetiminin zorlaşması sonucu vergilendirme politikasında değişikliğe gitmek zorunda kalabilecektir.

III. Veri Seti ve Yöntem

Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde Türkiye'deki firmaların göreceli Endüstri 4.0 performansının belirlenmesi için, Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan *Monitoring the Digital Economy & Society 2016-2021* adlı politika dokümanından hareketle Endüstri 4.0 kapsamında değerlendirilen toplam 10 değişken analize dahil edilmiştir. Analizde kullanılan değişkenler, Eurostat tarafından yayınlanan dijital ekonomi göstergelerine ait veri tabanından ve TÜİK'ten elde edilmiştir. Söz konusu veriler 2015-2016 dönemini kapsamakla birlikte bazı durumlarda farklı dönemlere ait veriler de kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında analizde kullanılan değişkenler ve bu değişkenlere ait bilgiler Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1: Endüstri 4.0 Performansı Kapsamında Çalışmada Kullanılan Değişkenler

Göstergeler	Yıl	Ölçü Birimi
Kurumsal kaynak planlamasını (ERP) kullanan firmaların payı	2015	%
Müşteri ilişkileri yönetimini (CRM) kullanan firmaların payı	2015	%
Tedarik zincirinde bilgi paylaşımını gerçekleştiren firmaların payı	2015	%

⁴² Heng, "Germany's Industrial Capabilities", 9.

İnternete mobil bağlantı için taşınabilir cihazlar kullanan firmaların payı	2016	%
İnternet üzerinden sipariş alan firmaların payı	2016	%
Müşteri İlişkileri Yönetimi (CRM) gibi yazılımlar kullanan firmaların payı	2015	%
Farklı fonksiyonel alanlar arasında bilgi paylaşmak için kurumsal kaynak planlama (ERP) yazılım paketine sahip olan firmaların payı	2015	%
Geniş bant erişimi olan firmalar	2015	%
Ücretli bulut bilişim uygulamalarını kullanan firmalar	2016	%
Kamu kurumları ile iletişimde interneti kullanan firmaların oranı	2013	%

Ampirik analizlere 28 Avrupa Birliği ülkesi (Almanya, Fransa, Hollanda, Belçika, İtalya, Lüksemburg, İngiltere, İrlanda, Danimarka, Yunanistan, İspanya, Portekiz, Avusturya, Finlandiya, İsveç, Malta, Slovak Cumhuriyeti, Slovenya, Letonya, Litvanya, Estonya, Çekya, Macaristan, Güney Kıbrıs, Polonya, Hırvatistan, Bulgaristan ve Romanya) ve Türkiye ile birlikte toplam 29 ülke dahil edilmiştir.

Çalışmada öncelikle Türkiye ve AB ülkelerinin Endüstri 4.0 açısından performans düzeylerinin belirlenmesi için faktör analizi yapılmıştır. Diğer taraftan, Endüstri 4.0 performansı açısından hangi ülkelerin birbiri ile benzerlik gösterdiği ve Türkiye'nin hangi ülkeler ile aynı grupta yer aldığını belirlemek amacıyla kümeleme analizi yapılmıştır. Yani öncelikle faktör analiz yapılmış, ardından ise faktör analizinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir. Buna ilaveten söz konusu 10 değişken ile kümeleme analizi ikinci kez tekrarlanmış ve elde edilen analiz sonuçları, bir önceki kümeleme analizinin sonuçları ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmeye tabi tutulmuştur.

A. Faktör Analizi

Faktör analizi, birbiriyle ilişkili olduğu bilinen çok sayıda değişkenin, az sayıda değişkene indirgeyen çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden birisidir. Bu analiz, çok sayıdaki veriyi uygun kategorilere göre sınıflayarak az sayıda anlamlı değişkenler elde etmek için kullanılır. Böylece, birbirleriyle ilişkili çok sayıda değişken az sayıda anlamlı değişkene dönüştürülür. Analiz

sonucunda oluşan faktörlerden her biri, değişkenler arasındaki ilişkinin ölçülmesiyle elde edilen ve aynı özelliği ölçen birbiri ile ilişkili değişken setinden meydana gelir. Bir olayın, olgunun ya da konunun farklı boyutlardan oluştuğu varsayımı altında; faktör analizi sonucunda elde edilen her bir faktör, o konuya ilişkin farklı boyutları temsil eder. Yani bir faktörü oluşturan değişken seti, belirli bir konunun aynı boyutunu ölçer.⁴³

Faktör analizinde bağımlı ve bağımsız değişken ayrımı yoktur. Aralarında yüksek korelasyon olan değişkenler setinin bir araya gelmesi sonucu faktör adı verilen genel değişkenlerin oluşturulması söz konusudur. Analizde yer alan faktörler oluşturulurken, faktörler arasında korelasyonun olmasının istenmemesine karşın değişkenler arasındaki korelasyonun yüksek olması dikkate alınır.⁴⁴

Faktör analizinde yer alacak değişkenlerin aynı ölçütte olması gerekir. Bu nedenle analize başlamadan önce farklı ölçü birimleri ile değerlendirilen değişkenlerin standartlaştırılması gerekir. Ardından veri setinin uygunluğu test edilir. Veri setinin uygunluğu ve anlamlılığı Bartlett Küresellik Testi ve Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Testi ile belirlenir.

28 AB ülkesi ve Türkiye ile birlikte toplam 29 ülkeye ait 10 değişken ile faktör analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu elden edilen bulgular aşağıda yer alan Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5 aracılığıyla gösterilmiştir.

Tablo 2: Uygunluk ve Anlamlılık Test Sonuçları

Kaiser-Meyer-Olkin Örneklem Yeterliliği		,588
Bartlett's Küresellik Testi	Ki-kare	358,929
	Serbestlik	
	Derecesi	45
	Anlamlılık	,000

Tablo 2'de faktör analizine devam edilebilmesi için gerekli olan ve faktör modelinin anlamlılık ve uygunluğunu ölçen KMO ve Bartlett küresellik

⁴³ Ayhan Ural ve İbrahim Kılıç, *Bilimsel Araştırma Süreci ve SPSS İle Veri Analizi*, (Ankara: Detay Yayıncılık, 2011), 281.

⁴⁴ Mahir Nakip, *Pazarlama Araştırmaları Teknikler ve (SPSS Destekli) Uygulamalar*, (Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2006), 423.

testlerinin sonuçları yer almaktadır. KMO testi, örneklem yeterliliğini ölçmektedir. KMO testi ile gözlenen korelasyon katsayılarının büyüklüğü ile kısmi korelasyon katsayılarının büyüklüğünü karşılaştırılmaktadır. KMO'nun 0,5'in üzerinde olması gerekir. Bazı araştırmalarda bu oranın 0,6'nın üzerinde olması istenmiştir.⁴⁵ Dolayısıyla, KMO testinde bulunan değer 0,50'nin altındaysa örneklem yeterli bulunmamakta; 0,50 "zayıf", 0,60 "orta", 0,70 "iyi", 0,80 "çok iyi" ve 0,90 "mükemmel" olarak kabul edilmektedir.⁴⁶ Buna göre analiz sonucu elde edilen KMO değeri (0,58), eşik değerinin üstündedir.

Bartlett küresellik testi, ana kütle içindeki değişkenler arasındaki ilişkinin var olup olmadığını test eder. Bu test sonucunda elde edilen katsayının değerinin yüksek çıkması, ilişkinin olmadığını gösteren sıfır hipotezinin reddedildiği anlamına gelir. Tablo 2'ye göre Bartlett Küresellik testi değeri; 358,929'dur. Bu değer, 0.00 anlamlılık düzeyinde geçerlidir. Anlamlılık düzeyinin 0,05'den daha küçük olması arzu edilmektedir. Bu durumda, Ho hipotezi reddedilmektedir. Yani, Bartlett Küresellik testi anlamlı bulunmuştur. Bu durumda, değişkenler arasında yüksek korelasyonlar mevcuttur. Başka bir ifade ile veri seti faktör analizi için uygundur. KMO ve Bartlett küresellik test sonuçlarının anlamlı çıkması üzerine faktör analizine devam edilmiştir.

Tablo 3: Faktör Analizi Sonuçları

Faktörler	Özdeğerler		
	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (Birikimli) Varyans (%)
Faktör 1	4,015	40,153	40,153
Faktör 2	3,546	35,456	75,610

Faktör analizi sonucu elde edilen özdeğerler ve varyans oranları Tablo 3'te gösterilmiştir. Özdeğer, her faktör tarafından açıklanan toplam varyansı gösterir ve özdeğeri birden büyük olan faktörler analize dahil edilir, diğerleri

⁴⁵ Şeref Kalaycı, *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, (Ankara: Asil Yayın Dağıtım, 2009), 321-322.

Marija J. Norušis and SPSS Inc., *SPSS for Windows Professional Statistics: Release 6.0.*, (Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993), 52.

⁴⁶ Subhash Sharma, *Applied Multivariate Techniques*, (New York: John Wiley Sonc Inc., 1996), 116.

ise ihmal edilir.⁴⁷ Birden daha küçük bir özdeğere sahip olan herhangi bir faktör, tek bir faktörü temsil etmek için açıklanan yeterli toplam varyansa sahip değildir ve bu nedenle, göz ardı edilir. Açıklanan toplam varyans sonuçları incelendiğinde, ikiden sonraki bileşenler, birden küçük özdeğerlere sahip olduklarından analizin sonraki kısımlarında dikkate alınmayacaktır. Özdeğeri 1.00'ın üzerinde olan iki bileşen tarafından açıklanan kümülatif toplam varyans miktarı %75'dir. Özdeğeri 4,015 olan birinci faktör toplam varyansın yaklaşık %40'ını; özdeğeri 3,546 olan ikinci faktör toplam varyansın yaklaşık %35'inin açıklamaktadır.

Tablo 4: Faktör Matrisi

Değişkenler	Faktör Yükleri (Katsayılar)	
	Faktör 1	Faktör 2
Kurumsal kaynak planlamasını (ERP) kullanan firmaların payı	,964	,087
Farklı fonksiyonel alanlar arasında bilgi paylaşmak için kurumsal kaynak planlama (ERP) yazılım paketine sahip olan firmaların payı	,951	,136
Müşteri ilişkileri yönetimini (CRM) kullanan firmaların payı	,864	,299
Müşteri İlişkileri Yönetimi (CRM) gibi yazılımlar kullanan firmaların payı	,855	,325
Tedarik zincirinde bilgi paylaşımını gerçekleştiren firmaların payı	,636	,315
İnternete mobil bağlantı için taşınabilir cihazlar kullanan firmaların payı	,222	,903
Kamu kurumları ile iletişimde interneti kullanan firmaların oranı	,054	,845
Geniş bant erişimi olan firmalar	,315	,800
Ücretli bulut bilişim uygulamalarını kullanan firmalar	,183	,763
İnternet üzerinden sipariş alan firmaların payı	,338	,688

⁴⁷ Nakip, *Pazarlama Araştırmaları*,431.

Faktör sayısının belirlenmesinin ardından her bir faktörde hangi değişkenlerin yer alacağını tespit edilmesi gerekir. Bunun için varimax yöntemi ile yapılan rotasyon sonucunda elde edilen ve her bir değişkene ait faktör yüklerini gösteren faktör matrisinin analiz edilmesi gerekir. Söz konusu matris Tablo 4 aracılığıyla gösterilmiştir. Bu faktör yükleri yani katsayılar, değişkenlerin faktörler ile olan ilişkisinin derecesini başka bir deyişle hangi değişkenin hangi faktöre ait olduğunu gösterir. Örneğin; birinci faktör ile ilişki derecesi en yüksek olan değişkenler sırasıyla; kurumsal kaynak planlamasını (ERP) kullanan firmaların payı (0,964); farklı fonksiyonel alanlar arasında bilgi paylaşmak için kurumsal kaynak planlama (ERP) yazılım paketine sahip olan firmaların payı (0,951); müşteri ilişkileri yönetimini (CRM) kullanan firmaların payı (0,864); müşteri ilişkileri yönetimi (CRM) gibi yazılımlar kullanan firmaların payı (0,855) ve tedarik zincirinde bilgi paylaşımını gerçekleştiren firmaların payıdır (0,636). Dolayısıyla bu değişkenler, birinci faktörü oluşturan değişkenlerdir (Bknz. Tablo 4).

İnternete mobil bağlantı için taşınabilir cihazlar kullanan firmaların payı (0,903); kamu kurumları ile iletişimde interneti kullanan firmaların oranı (0,845); geniş bant erişimi olan firmaların oranı (0,800); ücretli bulut bilişim uygulamalarını kullanan firmaların payı (0,763) ve İnternet üzerinden sipariş alan firmaların payı (0,688) değişkenleri ise sahip oldukları faktör yükleri bakımından ikinci faktörü oluşturmaktadırlar (Bkz. Tablo 4).

Tablo 5: AB ve Türkiye'nin Endüstri 4.0 Performansı

1. Almanya	6. Danimarka	13. İtalya	19. Slovak Cumh.	25. Polonya
2. Belçika	7. Lüksemburg	14. Fransa	20. Romanya	26. İngiltere
3. Hollanda	9. Litvanya	15. Yunanistan	21. Hırvatistan	27. Türkiye
4. Güney Kıbrıs	10. Portekiz	16. İsveç	22. Bulgaristan	28. Macaristan
5. Avusturya	11. İspanya	17. Slovenya	23. İrlanda	29. Letonya
6. Estonya	12. Finlandiya	18. Malta	24. Çekya	

Faktör analizi sonucunda elde edilen varyansı en yüksek birinci faktöre ait skor değerleri dikkate alınarak ülkeler Endüstri 4.0 performansı açısından sıralanmıştır. Tablo 5'e göre, Endüstri 4.0 performansı en yüksek olan ülke Almanya iken, en düşük olan ülke Letonya'dır. Türkiye ise analize dahil edilen 29 ülke arasında 27. sırada yer almıştır. Sonuçlar genel itibarıyla

değerlendirildiğinde Avrupa Birliği'nin ekonomik gelişmişlik açısından en iyi performansa sahip ülkelerinin ilk sıralarda; Birliğe sonradan dahil olan ve düşük performans sergileyen ülkelerin ise son sıralarda yer aldığı görülmektedir. Ancak ekonomik gelişmişlik performansı ile Endüstri 4.0 performansı arasında uyumsuzluk gösteren ülke örnekleri de Tablo 5 aracılığıyla gözlemlenebilir. Örneğin; İngiltere'nin 26. sırada yer alması Endüstri 4.0 performansının göreceli olarak düşük olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Avrupa Birliği ortalamasının üstünde ekonomik performansa sahip ülkeler arasında yer alan İsveç ise Birlik içinde nispeten düşük ekonomik performansa sahip ülkeler arasında yer alan Estonya ve Litvanya'nın gerisinde kalmıştır.

B. Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi, verileri benzerliklerine göre sınıflandırmak için kullanılan çok değişkenli istatistiksel yöntemlerdendir. Kümeleme analizinin i) birbirlerine benzer olan gözlemlerin aynı grupta toplanmasını sağlayarak sınıflandırmak ve ii) verilerin indirgenmesini sağlamak şeklinde iki temel amacı bulunmaktadır.⁴⁸ Faktör analizinde olduğu gibi bu analizde de bağımlı ve bağımsız değişken ayrımı bulunmamaktadır. Ayrıca kümeleme analizinde küme içi homojenliğin maksimuma ulaşması yani aynı kümede yer alan gözlemlerin birbirine yakın olması; kümeler arası heterojenliğin de maksimuma ulaşması yani farklı kümede bulunan gözlemlerin birbirlerine uzak olması amaçlanır.⁴⁹

Bu çalışmada yer alan analizde küme sayısı ile ilgili ön bilgiye sahip olunmadığı için hiyerarşik kümeleme analizi ve hiyerarşik kümeleme analizlerinden ise yaygın olarak kullanılan Ward yöntemi tercih edilmiştir. Ward yöntemi tercih edilerek yapılan analizde uygun küme sayısının belirlenebilmesi için öncelikle yığılım tablosu ve dendrogram dikkate alınmıştır.

⁴⁸ L. Neri vd., "Evaluating Dynamics of National Economies through Cluster Analysis within the Input-State-Output Sustainability Framework", *Ecological Indicators*, no 72 (2017): 80.

⁴⁹ Nakip, *Pazarlama Araştırmaları*, 437-438.

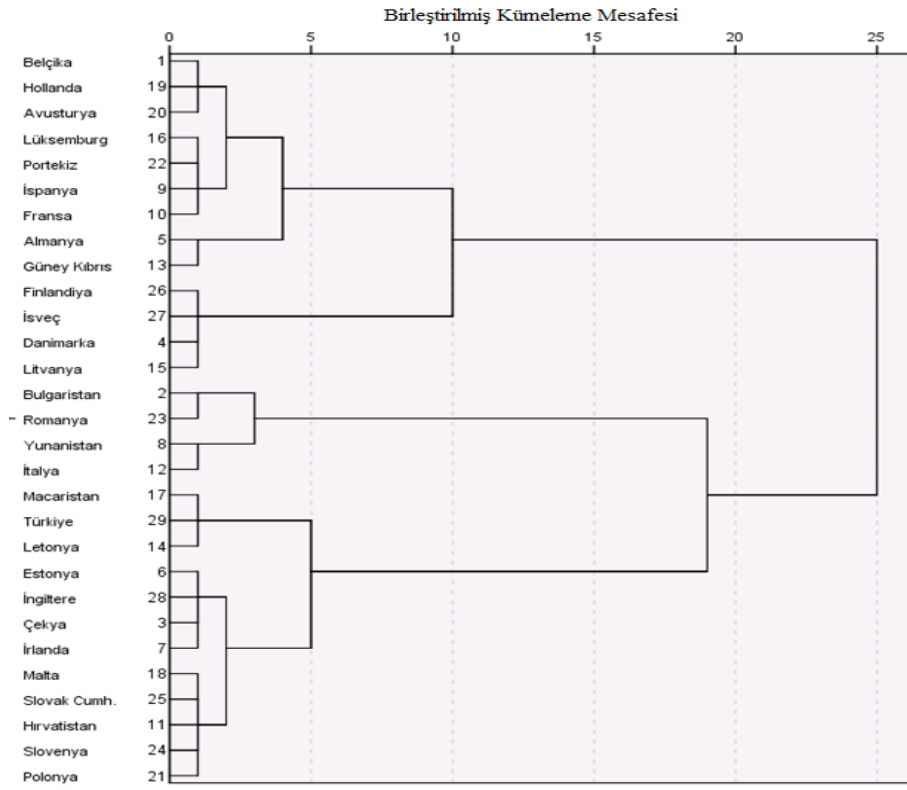
Tablo 6: Yığışım Tablosu

Aşama	Birleştirilmiş Küme		Katsayılar	Kümenin İlk Görüldüğü Aşama		Sonraki Aşama
	Küme 1	Küme 2		Küme 1	Küme 2	
1	1	19	,001	0	0	14
2	16	22	,008	0	0	5
3	6	28	,023	0	0	16
4	18	25	,039	0	0	12
5	9	16	,056	0	2	10
6	17	29	,077	0	0	13
7	11	24	,098	0	0	12
8	3	7	,165	0	0	16
9	26	27	,257	0	0	19
10	9	10	,387	5	0	22
11	2	23	,526	0	0	23
12	11	18	,696	7	4	18
13	14	17	,874	0	6	25
14	1	20	1,066	1	0	22
15	4	15	1,354	0	0	19
16	3	6	1,646	8	3	21
17	8	12	2,019	0	0	23
18	11	21	2,406	12	0	21
19	4	26	2,930	15	9	26
20	5	13	3,638	0	0	24
21	3	11	4,917	16	18	25
22	1	9	6,325	14	10	24
23	2	8	7,994	11	17	27
24	1	5	10,667	22	20	26
25	3	14	14,191	21	13	27
26	1	4	21,380	24	19	28
27	2	3	36,139	23	25	28
28	1	2	56,000	26	27	0

Tablo 6'da faktör analizinden elde edilen sonuçlar kullanılarak gerçekleştirilen kümeleme analizine ait yığışım tablosu yer almaktadır. Yığışım tablosu aracılığıyla küme sayısının belirlenmesinde, katsayılarıdaki artışlar yani katsayılar sütununda yer alan değerler arasındaki farkların büyüklüğü dikkate alınmaktadır. Kaçınıcı aşamadan itibaren yüksek sıçrama yaşandığı tespit edilmekte ve sıçrama

sayılarına bağlı olarak küme sayısına karar verilmektedir. Buna göre Tablo 6'da yer alan katsayılar sütununa bakıldığında 25. aşamadan sonra katsayılarda önceki aşamalara göre daha büyük bir sıçrama gerçekleştiği görülmektedir. Sıçramalar takip eden aşamalarda da artarak devam etmiştir. Bu durum, 29 ülkenin 28. aşamada tamamlanan kümeleme analizi sonucunda dört kümede toplandığını göstermektedir.

Şekil 1: Ağaç Grafiği (Dendrogram)



Şekil 1'de yer alan ağaç grafiği, yığışım tablosundaki sıçrama katsayılarına göre tespit edilen küme sayısı ile uyumlu sonuçlar vermektedir. Buradan hareketle, Ward yöntemine göre gerçekleştirilen hiyerarşik kümeleme analizinin sonucuna göre 29 ülke Endüstri 4.0 performansı açısından dört kümede toplanmıştır. Ülkelerin kümelere göre dağılımı şu şekildedir: Belçika, Hollanda, Avusturya, Lüksemburg, Portekiz, İspanya,

Fransa, Almanya ve Güney Kıbrıs birinci kümeyi; Finlandiya, İsveç, Danimarka ve Litvanya ikinci kümeyi; Bulgaristan, Romanya, Yunanistan ve İtalya üçüncü kümeyi; Macaristan, Türkiye, Letonya, Estonya, İngiltere, Çekya, İrlanda, Malta, Slovak Cumhuriyeti, Hırvatistan, Slovenya ve Polonya ise dördüncü kümeyi oluşturmuştur.

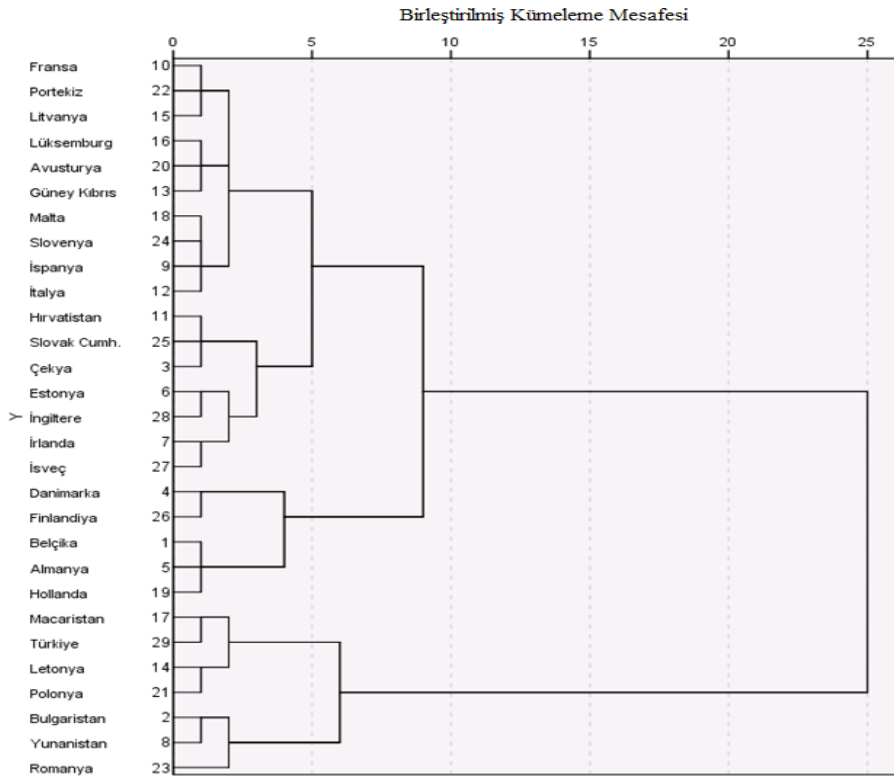
Ward yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen kümeleme analizi faktör analizi yapılmadan yani 10 değişken ve 29 ülke ile tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda yer alan yığışım tablosu ve dendrogram aracılığıyla sunulmuştur.

Tablo 7: Yığışım Tablosu

Aşama	Birleştirilmiş Küme		Katsayılar	Kümenin İlk Görüldüğü Aşama		Sonraki Aşama
	Küme 1	Küme 2		Küme 1	Küme 2	
1	10	22	,789	0	0	15
2	17	29	1,670	0	0	18
3	6	28	2,684	0	0	22
4	11	25	3,789	0	0	14
5	18	24	4,909	0	0	8
6	16	20	6,387	0	0	7
7	13	16	8,441	0	6	19
8	9	18	10,609	0	5	11
9	1	5	12,922	0	0	17
10	14	21	15,373	0	0	18
11	9	12	18,216	8	0	20
12	2	8	21,132	0	0	21
13	7	27	24,324	0	0	22
14	3	11	27,525	0	4	23
15	10	15	30,747	1	0	19
16	4	26	34,693	0	0	24
17	1	19	39,274	9	0	24
18	14	17	44,233	10	2	26
19	10	13	49,248	15	7	20
20	9	10	55,901	11	19	25
21	2	23	62,649	12	0	26
22	6	7	70,033	3	13	23
23	3	6	81,975	14	22	25
24	1	4	95,346	17	16	27
25	3	9	116,686	23	20	27
26	2	14	138,432	21	18	28
27	1	3	175,952	24	25	28
28	1	2	280,000	27	26	0

Tablo 7'ye göre, 24. aşamadan sonra katsayılarla önceki aşamalara göre daha büyük bir sıçrama gerçekleştiği görülmektedir. Sıçramalar takip eden aşamalarda da artarak devam etmiş ve 28. aşamada kümeleme analizi tamamlanmıştır. Buna göre, 29 ülke Endüstri 4.0 performansı açısından beş kümede toplanmıştır.

Şekil 2: Ağaç Grafiği (Dendrogram)



Şekil 2'de yer alan ağaç grafiği, yığışım tablosundan elde edilen kümeleme sonuçlarını desteklemektedir. Yani analize dahil edilen ülkeler beş grup altında toplanmıştır. Birinci kümede; Fransa, Portekiz, Litvanya, Lüksemburg, Avusturya, Güney Kıbrıs, Malta, Slovenya, İspanya ve İtalya; ikinci kümede Hırvatistan, Slovak Cumhuriyeti, Çekya, Estonya, İngiltere, İrlanda ve İsveç; üçüncü kümede Danimarka, Finlandiya, Belçika, Almanya ve Hollanda; dördüncü kümede Macaristan, Türkiye, Letonya ve Polonya; beşinci kümede ise Bulgaristan, Yunanistan ve Romanya yer almaktadır.

Ülkelerin kümelere göre dağılımına bakıldığında; Avrupa Birliği'nde ekonomik gelişmişlik düzeyi açısından en iyi performansa sahip olan ülkelerin 3. kümede; buna karşın nispeten gelişmişlik performansı daha düşük olan ülkelerin ise 5. kümede yer aldığı görülmektedir.

Sonuç

İnsanlık tarihi boyunca dört farklı endüstri devrimi ortaya çıkmıştır. Her yeni endüstri devrimi, öncekilerden farklı bir üretim ve tüketim kalıbı ve buna bağlı olarak da farklı bir toplumsal yapı gündeme getirmiştir. Dördüncü endüstri devrimini ifade eden Endüstri 4.0 kavramı, ilk defa 2011 yılında Almanya'da gerçekleştirilen Hannover Fuarı'nda kullanılmıştır. Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasında rol oynayan ana faktör, değişen tüketici taleplerine hızlı bir şekilde cevap verebilen üretim sistemlerine olan ihtiyaçtır. Endüstri 4.0 sürecinde siber-fiziksel sistemlere dayalı olarak üretim süreçlerinin internet üzerinden ağ yapıları ile birbirlerine bağlanmasını sağlayan teknolojiler ön plana çıkmıştır. Endüstri 4.0'ın temel özellikleri; siber-fiziksel sistemler sayesinde insanlar ve akıllı fabrikaların *işbirliği*, akıllı fabrikaların sanal bir kopyasının oluşturulduğu *sanallaştırma*, üretim süreçlerinde meydana gelebilecek her türlü sorunun siber-fiziksel sistemler tarafından yönetildiği *merkezileşme*, akıllı fabrikaların değişen şartlara uyum yeteneğini ifade eden *modülerlik*, ihtiyaçlara göre malzeme akışının koordine edildiği *gerçek zamanlı üretim* oluşturmaktadır.

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin yaygınlaşması ile kaçınılmaz hale gelen küreselleşme sürecinde, değişen talep yapısına uygun mal ve hizmet üretimi önem kazanmıştır. Dünyadaki yeni üretim ve tüketim kalıplarına uygun ürünlerin üretimi, Endüstri 4.0'a dönüşüm sayesinde mümkün olabilecektir. Günümüz dünyasında ülkelerin rekabet güçlerini korumaları ve artırmaları, Endüstri 4.0'a dönüşüm için gerekli adımları atmaları ile sağlanabilecektir. Dolayısıyla, başta gelişmiş ülkeler üzere tüm ülkeler için önem arz eden bu konu, AB politikalarının temelinde yer almakta ve AB sanayi politikalarını şekillendirmektedir.

AB'ne uyum sürecinde Türkiye'nin Endüstri 4.0 performansı açısından bu ülkeler karşısındaki nispi yerini tespit etmeyi amaçlayan bu çalışmada çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden faktör ve kümeleme analizleri kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen bulgular aşağıda özet halde sunulmuştur:

- Faktör analizi sonuçlarına göre Endüstri 4.0 performansı en yüksek olan ülke Almanya iken; en düşük performansla sahip ülke Letonya'dır. Türkiye ise 29 ülke arasında 27. sırada yer almıştır.
- Ülkeler genel itibariyle ekonomik gelişmişlik düzeylerine paralel şekilde gruplanmıştır. Bir başka deyişle, benzer ekonomik gelişmişlik düzeyine sahip olan ülkeler aynı grupta yer almıştır.
- Türkiye her iki kümeleme analizi sonucunda da Macaristan, Letonya ve Polonya ile aynı kümede yer almıştır.
- Avusturya, Lüksemburg, Portekiz, İspanya, Fransa ile Güney Kıbrıs; Bulgaristan, Yunanistan ile Romanya; Belçika, Almanya ve Hollanda her iki analizde de aynı kümelerde yer alan ülkelerdir.

Türkiye'nin Endüstri 4.0 performansı düşük olan ülkeler grubunda yer almasının temel nedeni, Endüstri 4.0 ile ilgili çalışmalara geç başlanması ve Türk Sanayinin içinde bulunduğu gelişme aşaması olabilir. Türkiye'de Endüstri 4.0'a geçiş ile ilgili ciddi kararlar 2016 yılı Şubat ayında gerçekleştirilen Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu Toplantısında alınabilmiştir. Ancak bu kararlardan sonra, farkındalık artmaya başlamıştır. TÜBİTAK'ın 2016 yılında 1000 özel sektör kuruluşuyla yapmış olduğu çalışma, sanayimizin dijital olgunluk seviyesinin Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 arasında olduğunu göstermektedir.⁵⁰ Türkiye'nin Endüstri 4.0'a dönüşümü için şu önerilerde bulunulabilir:

- Gelişmiş ülke deneyimleri Endüstri 4.0'ı hayata geçiren en önemli unsurlardan birinin şirketlerin dijital dönüşümü olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle, Türkiye'de şirketlerin dijital dönüşümü ile ilgili çalışmalara hız verilmesi gerekmektedir. TÜSİAD, Samsung Türkiye, Deloitte Türkiye ve GFK Türkiye'nin müşterek çalışmasıyla hazırlanan, 2016 tarihli *Türkiye'deki Dijital Değişime CEO Bakışı* isimli rapor, incelenen şirketlerde görüşme yapılan yöneticilere şirketlerinin dijital olgunluk seviyesi sorulduğunda şu sonuçları ortaya koymuştur. Yöneticilerin %7'si şirketlerinin dijital yapıya giriş aşamasında olduğunu, %59'u dijitalleşme sürecinin gelişmekte olduğunu ve %34'ü gelişmiş bir dijital yapıya sahip olduklarını belirtmiştir.

⁵⁰ TÜSİAD vd., *Türkiye'deki Dijital Değişime CEO Bakışı*. (İstanbul, 2016).

- Endüstri 4.0'a dönüşümü hızlandırmak amacıyla, Türkiye'deki şirketlerin teknolojik alt yapıları için yatırım yapmaları gerekmektedir. Türkiye'deki önemli firmaların üst düzey yöneticilerinin değerlendirmelerine göre, 2015 yılında şirketlerin %90'ı müşteri deneyimi konusuyla birlikte veri analizi ve madenciliği konusunda da yatırım yapmıştır. %97'si ise 2016-2018 döneminde bu alanlarda yatırım yapmaya devam etme niyetinde olduklarını belirtmişlerdir.⁵¹
- Son olarak, diğer ülkelerde (Almanya, Fransa, İngiltere, ABD vb.) olduğu gibi, devletin Endüstri 4.0 yol haritasını açık ve net bir şekilde belirlemesi gerekmektedir.

Kaynakça

- Akın, Ömer. “Hızla Artan Endüstriyel Robotların Üretim Süreçlerinde Yarattığı Değişimler ve Türkiye İşgücü Piyasasında Yaratacağı Olası Etkilerin Değerlendirilmesi”, *İş ve Hayat*, no 3/6 (2017): 42-71.
- Alçın, Sinan. “Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0”. *Journal of Life Economics*, no 8 (2016): 19-30.
- Aybek, H. S. Yıldız. “Üniversite 4.0'a Geçiş Süreci: Kavramsal Bir Yaklaşım”, *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırma Dergisi*, no 3/2 (2016): 164-176.
- Banger, Gürcan, *Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme*. Ankara: Dorlion Yayınları, 2016.
- Barreto, L. vd. “Industry 4.0 Implications in Logistics: An Overview”, *Procedia Manufacturing*, no13 (2017): 1245–1252.
- Benesova, Andrea ve Jiri Tupa. “Requirements for Education and Qualification of People in Industry”, *Procedia Manufacturing*, no 11 (2016): 2195–2202.
- Bulut, Eda ve Taner Akçacı. “Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi”, *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, no 7 (2017): 50-72.
- Caricato, Pierpaolo ve Antonio Grieco. “An Application of Industry 4.0 to the Production of Packaging Films”, *Procedia Manufacturing*, no 11 (2017): 949–956.

⁵¹ Zeki Diril Pergel, “Türkiye’de Endüstri 4.0”, *Yeni Manisa Gazetesi*, Kasım 24, 2017, Erişim Tarihi: Nisan 30, 2018, <http://www.yenimanisa.com.tr/yazarlar/ogr-gor-zeki-diril/turkiye-de-endustri-4-0/741/>

- Carvalho, Nubia vd. "Manufacturing in the Fourth Industrial Revolution: A Positive Prospect in Sustainable Manufacturing", *Procedia Manufacturing*, no21 (2018): 671-678.
- Crnjac, Marina vd. "From Concept to the Introduction of Industry 4.0", *International Journal of Industrial Engineering and Management*, no 8/1 (2017): 21-30.
- Çakmak, Zeki. "Kümeleme Analizinde Geçerlilik Problemi ve Kümeleme Sonuçlarının Değerlendirilmesi", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, no3 (1999): 187-205.
- Çeliktaş, M. Soner vd. "Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası", *Endüstri ve Mühendislik*, no 56/662 (2016): 24-34.
- Davutoğlu, N. Atalay vd. "İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı İle Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak", *ASOS Journal*, no 52 (2017): 544-567.
- Deloitte. *Industry 4.0: Challenges and Solutions for the Digital Transformation and Use of Exponential Technologies*, Zurich: Deloitte, 2015.
- Dilberoğlu, Uğur M. vd. "The role of Additive Manufacturing in the Era of Industry 4.0", *Procedia Manufacturing*, no 11 (2017): 545-554.
- EBSO. *Sanayi 4.0: Uyum Sağlayamayan Kaybedecek*. İzmir: EBSO, 2015.
- EC. *Monitoring the Digital Economy & Society 2016-2021*, Brussels: European Commission, 2015.
- Eraydın, Ayda. *Post-Fordizm ve Değişen Mekansal Özellikler*. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları, 1992.
- Eurostat. "Digital Economy Indicators", Erişim Tarihi: Kasım 10, 2017, <http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/database>.
- Faller, Clemens ve Dorothee Feldmüller. "Industry 4.0 Learning Factory for Regional SMEs", *Procedia CIRP*, no 32 (2015): 88-91.
- Gilchrist, Alasdair. *Industry4.0: The Industrial Internet of Things*. Thailand: Apress, 2016.
- Görçün, Ö. Faruk. *Dördüncü Endüstri Devrimi: Endüstri 4.0*. İstanbul: Beta Basım Yayıncılık, 2016.
- Grieco, Antonio vd. "An Industry 4.0 Case Study in Fashion Manufacturing", *Procedia Manufacturing*, no11 (2017): 871-877.
- Heng, Stefan. "Industry 4.0 Upgrading of Germany's Industrial Capabilities on the Horizon", *Deutsche Bank Research, Current Issues Sector Research*, 2014.

- Iyer, Anandi. "Moving from Industry 2.0 to Industry 4.0: A Case Study from India on Leap frogging in Smart Manufacturing", *Procedia Manufacturing*, no 21 (2018): 663-670.
- Kabasakal, İnanç vd. "From Mass Customization to Product Personalization in Automotive Industry: Potentials of Industry 4.0", *Journal of Management, Marketing and Logistics*, no 4/3 (2017): 244-250.
- Kagermann, Henning vd. "Securing the Future of German Manufacturing Industry Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0", Acatech, Final Report of the Industrie 4.0 Working Group, 2013.
- Kağnıcıoğlu, Celal Hakan ve Emircan Özdemir. "Evaluation of SMEs in Eskişehir within the Context of Industry 4.0", *Pressademia Procedia*, no 3 (2017): 900-908.
- Kalaycı, Şeref. *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*. Ankara: Asil Yayın Dağıtım, 2009.
- Kalaycı, Şeref. *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, Ankara: Asil Yayınevi, 2014.
- Luque, A. vd. "State of the Industry 4.0 in the Andalusian Food Sector", *Procedia Manufacturing*, no13 (2017): 1199–1205.
- Müller, J. Marius vd. "What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability", *Sustainability*, no 10/247 (2018): 1-24.
- Nakip, Mahir. *Pazarlama Araştırmaları Teknikler ve (SPSS Destekli) Uygulamalar*. Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2006.
- Neri, L. vd. Evaluating Dynamics of National Economies through Cluster Analysis within the Input-State-Output Sustainability Framework", *Ecological Indicators*, no 72 (2017): 77–90.
- Noruşis, Marija J. and SPSS Inc. *SPSS for Windows Professional Statistics: Release 6.0*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993.
- Oesterreich, T. Duong ve Frank Teuteberg. "Understanding the Implications of Digitisation and Automation in the Context of Industry4.0: A Triangulation Approach and Elements of a Research Agenda for the Construction Industry", *Computer in Industry*, no83 (2016): 121-139.
- Özsoylu, Ahmet Fazıl. "Endüstri 4.0", *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, no 21/1 (2017): 41-64.
- Öztürk, Emel ve Küçük Hüseyin Koç. "Endüstri 4.0 ve Mobilya Endüstrisi", *4. Uluslararası Mobilya ve Dekorasyon Kongresi Bildiriler Kitabı*, (2017): 181-189.

- Paravizo, Esdras vd. "Exploring Gamification to Support Manufacturing Education on Industry 4.0 as An Enabler for Innovation and Sustainability", *Procedia Manufacturing*, no 21 (2018): 438-445.
- Pereira, T. vd. "Network and Information Security Challenges within Industry 4.0 Paradigm", *Procedia Manufacturing*, no 13 (2017): 1253-1260.
- Pergel, Zeki Diril. "Türkiye'de Endüstri 4.0", *Yeni Manisa Gazetesi*, Kasım 24, 2017, Erişim Tarihi: Nisan 30, 2018, <http://www.yenimanisa.com.tr/yazarlar/ogr-gor-zeki-diril/turkiye-de-endustri-4-0/741/>.
- Qin, Jian vd. "A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond", *Procedia CIRP*, no 52 (2016): 173-178.
- Rennung, Frank vd. "Service Provision in the Framework of Industry 4.0", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, no 221 (2016): 372-377.
- Roblek, Vaşa vd. "A Complex View of Industry 4.0," *SAGE Pub*, no 6/2 (2016):1-11.
- Saklı, Ali Rıza. "Fordizmden Esnek Üretim Rejimine Dönüşümün Kamu Yönetimi Üzerindeki Etkileri", *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, no 12/44 (2013): 107-131.
- Schröder, Christian. "The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises", *Division for Economic and Social Policy*, Bonn, FES, 2017.
- Schwab, Klaus. *Dördüncü Sanayi Devrimi*. İstanbul: Optimist Yayıncılık, 2017.
- Sharma, Subhash. *Applied Multivariate Techniques*, New York: John Wiley Sonc Inc., 1996.
- Stock, T. ve G. Seliger. "Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0", *13th Global Conference on Sustainable Manufacturing –Decoupling Growth from Resource Use*, *Procedia CIRP* 40 (2016): 536-541.
- TÜİK. "Bilim, Teknoloji ve Bilgi Toplumunu Göstergeleri", Erişim Tarihi: Mart 18, 2018, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1048.
- TÜSİAD. *Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi*. İstanbul: TÜSİAD Yayınları, 2016.
- TÜSİAD vd. *Türkiye'deki Dijital Değişime CEO Bakışı*. İstanbul, 2016.
- Ural, Ayhan ve İbrahim Kılıç. *Bilimsel Araştırma Süreci ve SPSS İle Veri Analizi*. Ankara: Detay Yayıncılık, 2011.
- Vaidya, Saurabh. "Industry 4.0: A Glimpse", *Procedia Manufacturing*, no 20 (2018): 233-238.

Wolter, Marc vd. "Industry 4.0 and the Consequences for Labour Market and Economy Scenario Calculations in Line with the BIBB-IAB Qualifications and Occupational Field Projections", Institute for Employment Research of the Federal Employment Agency, Research Reports, Nuremberg, 2015.

Yazıcı, Erdiñ ve Hızır Düzkaya. "Endüstri Devriminde Dördüncü Dalga ve Eğitim: Türkiye Dördüncü Dalga Endüstri Devrimine Hazır Mı?", *Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama*, no 7/13 (2016): 49-88.

Yıldız, Aytaç. "Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, no 22/2 (2018): 546-556.

Zhong, Ray Y. vd. "Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review", *Engineering*, no 3 (2017): 616-630.